

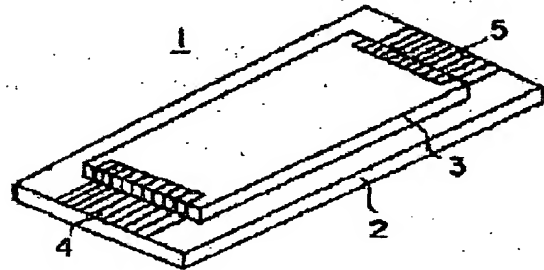
MAGNETIC IMPEDANCE ELEMENT AND MAGNETIC DETECTION CIRCUIT

Patent number: JP8075835
Publication date: 1996-03-22
Inventor: MORI KANEO; UCHIYAMA TAKESHI; MORITA YOSHIKI; SUMIKAMA MASAHIKO
Applicant: MITSUMI ELECTRIC CO LTD;; MORI KANEO
Classification:
- international: G01R33/09; G01R33/02; G11B5/31; H01L43/08
- european:
Application number: JP19940216212 19940909
Priority number(s):

Abstract of JP8075835

PURPOSE: To provide a magnetic impedance element capable of being fine- worked and having a high sensitivity and a magnetic detection circuit with a very small size by forming an amorphous magnetic thin film on a substrate made of a non-magnetic material.

CONSTITUTION: An amorphous sputtering magnetic thin film 3 made of a strip- like CoFeB material is formed on a strip-like glass substrate 2 which is a non- magnetic material. Electrodes 4, 5 for connecting to the outside are formed at both ends in the length direction of the magnetic thin film 3. A conductive material such as copper and aluminum is used in the electrodes 4, 5. Use of ceramic material in place of glass of the glass substrate 2 is allowable. The magnetic thin film 3 has magnetic anisotropy in the direction different from exciting current passing across the electrodes 4, 5, or in the direction at a right angle or slanting to the exciting current direction. By conducting magnetic field temperature annealing treatment to the magnetic thin film 3, magnetism-electricity transducing efficiency is enhanced. The magnetic thin film 3 is annealed in d.c. magnetic field at 250 deg.C for one hour.



(51)Int.Cl.	識別記号	片内温度番号	P I	技術效果箇所
G 0 1 R 33/09				
	33/02	A	S307-2G	
G 1 1 B 5/31		F	89-40-5D	
H 0 1 L 43/08		Z		
			S307-2G	
			G 0 1 R 39/06	
			密封請求	
			未請求	
			請求項の範囲	
			OL (全 9 頁)	

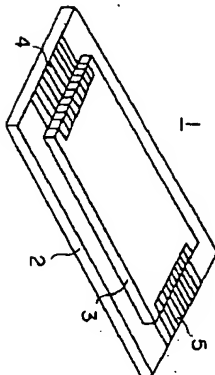
(21) 出願番号	特願平6-216212
(22) 出願日	平成6年(1994)3月9日
(71) 出願人	00006220 ミヅミ電機株式会社 東京都荒川区国分町8丁目8番地2
(71) 出願人	00024383 毛利 佳年雄 愛知県名古屋市中天白区天白町 大字島田黒石3911-3 毛利 佳年雄 愛知県名古屋市中天白区天白町大字島田黒石3911-3
(74) 代理人	伊東 忠彦 弁護士

最終頁に続く

(57) 【要約】

【目的】 本発明は磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に関し、高磁気-電気変換効率を達成する。

【構成】 ガラス基板2と、ガラス基板2上に形成され
たCoFeB材料からなるアモルファスバツタ磁性薄
膜3と、アモルファスバツタ磁性薄膜3の長手方向両
端に配設された電極4及び5とから構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性体からなる基板と、該基板上に形成された磁性薄膜と、該磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とからなることを特徴とする磁気インピーダンス素子。

【請求項2】 前記磁性薄膜は、前記第1及び第2の磁極間に通電される励磁電流と異なる方向に磁気異方性を有することを特徴とする請求項1記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項3】 前記磁性薄膜は、アモルファス磁性薄膜からなることを特徴とする請求項2記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項4】非磁性体からなる基板と、該基板上に形成された磁性薄膜と、該磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極と、両端に磁極を有し、該磁性薄膜に磁性薄膜長手方向の磁束を付与するように形成されてなる両翼磁性薄膜とからなることを特徴とする磁気ヘッドギャン素子。

【請求項5】 前記磁性薄膜は、前記第1及び第2の電極間に通電される励磁電流と異なる方向に磁気異方性を有することを特徴とする請求項4記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項6】 前記磁性薄膜は、アモルファス磁性薄膜からなることを特徴とする請求項5記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項7】 非磁性体からなる第1の基板と、第1の基板上に形成された第1の磁性薄膜と、第1の磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とからなる第1の磁気インピーダンス素子と、

非磁性体からなる第2の基板と被第2の基板の上に形成されておる被第1の磁性薄膜と同一方向に配設された第2の磁性薄膜とは第2の磁性薄膜の長手方向両端に配設された第3及び第4の電極とからなる第2の磁気インピーダンス素子とを具備した磁気インピーダンス素子である。

該第1及び第2の磁性薄膜と略直交するように該第1の磁気イオンビームダンプ素子と該第2の磁気イオンビームダンプ素子の間に介装されてなる導電性薄膜を具備したことを特徴とする磁気イオンビームダンプ素子。

【請求項8】 前記第1及び第2の磁性薄膜は、前記導電性薄膜の周囲でスパイラル磁気異方性を有することを特徴とする請求項7記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項9】 一の磁性薄膜を有する第1の磁気ヘッドと、
— ダンス素子と、

他の磁性薄膜を有する第2の磁気インヒビタンス素子

と、
第1及び第2の磁気インピーダンス素子に高周波電流
を通電する通電手段と、

境界の向きに応じてそれぞれ変化する第1及び第2の信

該第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出する二
つを特徴とする磁気検出回路。

【請求項10】 前記第1及び第2の塩化インビタン素分子は、印加される境界の向きに応じて前記第1の塩化インビタン素分子のインビタン素が増大すると前記第2の塩化インビタン素分子のインビタン素が減少する構成とされており、

前記通電手段及び前記信号生成手段は無安定マルチバイブレータであり、
前記第1及び第2の磁気インピーダンス素子は該無安定マルチバイブレータのコルタ負荷とされてなることを特徴とする請求項9記載の磁気検出回路。

【発明の詳細な説明】
【0001】

【産業上の利用分野】本発明は磁気ペンヒータンス素子および磁気換出回路に係り、特に微小磁気を換出するための磁気ペンヒータンス素子および磁気換出回路に関する。

【0002】
 【従来の技術】従来の、微小磁気を検出するための磁気ヘッドが知られている。磁気ヘッドには、大別して磁気誘導形と磁気抵抗（マグネトレジスタイブ；MR）形の2種類がある。

【0000】 前者の磁気誘起電流(電圧)は、コイルが巻回されたコアに比例する誘起電流、 $e = d\phi/dt$ の時間的な変化に比例する誘起電流である。誘起電流の大きさは磁束 ϕ の時間的な変化に比例するため、磁気記録媒体と磁気誘起電流(電圧)が相対速度を持つことにより初めて誘起電流が生成する。誘起電流の大きさは相対速度及磁気記録媒体に記録された信号周波数に比例して大きくなる。

〔0004〕このため、一定レベル以上の誘導起電力を発生させるためには、磁気記録媒体または磁気誘導形磁気ヘッドの少なくとも一方を所定の速度以上で走行させるか回転させてやる必要があった。

【0005】また、磁気録形磁気テープには再生密度を上げるためにはコイルの巻回数を増やしてコイルに負交する磁束を増やす必要がある、ところが、コイルの巻回数を増やすことによりインピーダンスが高くなるため、外乱ノイズの影響を受けやすくなると共にインピーダンスが高くなりS/Nが低下する等の問題があった。

【0006】これに対して、後者の磁気抵抗形磁気ヘッドは外部磁界の変化に応じて抵抗値が変化するヘーバロインイフェルかなるMR素子で構成され、MR素子の等価回路は図11に示す如く可変抵抗 R_{MR} で表される。図112の動作原理図に示す如く、MR素子100に抵抗 R_{100} を介して電圧 E_{100} を接続することによってMR素子1

【0006】これに対して、後者の磁気抵抗形磁気ヘッドは外部磁界の変化に応じて抵抗値が変化する。ヘーロ橋回路は図11に示す如く可変抵抗 R_{MR} で表される。図11.2の動作原理図に示す如く、MR素子100に抵抗 R_{100} を介して電圧 E_{100} を接続することによってMR素子1

0.0の長手方向に一定の直流電流1.0Gを流しておき、MR素子1.0.0の幅方向に1.60.0〜3.00.0 (A/μm)程度の一定のバイアス磁界H_bをかける。

【0007】そして、外部磁界が印加されてこれらの合成磁界Hが変化すると、MR素子1.0.0.0の抵抗率ρは合成磁界Hに対して図1.3に示すように変化する。すなわち、MR素子1.0.0に印加される合成磁界H=0の時に抵抗率ρは最大値を示し、合成磁界Hの大きさに反比例して減少する。

【0008】MR素子1.0.0.0の長手方向に流れるセンス電流ベクトルJと磁化ベクトルMのなす角θと抵抗率ρの関係は、

$$\rho = \rho_0 + \Delta \rho_m \cos^2 \theta$$

となる。ここで、 $\Delta \rho_m$ は最大抵抗率変化量である。MR素子1.0.0.0の磁気-電気変換効率 $\Delta \rho_m / \rho$ は一般に2.5〜3 (%)と低い、そこで、例えばフリッジ回路にMR素子を組み込んでその抵抗値の変化を検出することと、外部磁界の大きさを知ることができる。

【0009】しかしながら、MR素子で構成される磁気抵抗素子ヘッドは磁気誘導形磁気ヘッドと異なり、一定レベル以上の出力を得るために一定以上の相対速度を必要とせず、低インピーダンスで広い周波数帯域を持つ利点があるため、高密度磁気ヘッド用途に使用されている。

【0010】このように、磁気誘導形磁気ヘッドでは出力レベルをかせぐためには磁気記録媒体とヘッドに一定以上の相対速度を持たせる必要がある、また、S/Nの問題があるため、高密度磁気ヘッド用途としては磁気抵抗形磁気ヘッドが使用されていた。

【0011】
【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気抵抗形磁気ヘッドに使用されるMR素子は磁気-電気変換効率が十分とは言えず低効率であり、フリッジ回路等を必要とする問題があった。そこで、MR素子のパラーロインP₀を、他の磁気-電気変換効率の高い材料に変えることが検討されているが、未だ実用化出来る材料は見つからない。

【0012】また近年、FeNiCoとCuとFeNiCo等を積層した多層膜による巨大磁気抵抗効果(グレートマグネトレジスタイフ:GMR)が発見されているが、磁界抽出感度は従来のMR素子の3〜4倍程度の0.4 (%) / (Oe) 程度に留まっており、大幅な感度改善にはなっていない、また、この多層膜は磁界の増減に対する抵抗率ρの値のヒステリシスが出やすい問題もある。

【0013】高密度磁気記録再生ヘッドへの要望は、ビデオテープレコーダ、ハードディスク装置、フロッピーディスク装置の高密度大容量化に対応すべく益々高性能が求められており、記録ヘッドは巻線コイルを薄膜技術で形成した薄膜ヘッド、再生ヘッドはMR素子で構成

したMRヘッドのバイアスヘッドが注目されているが、再生磁界抽出素子の大幅な感度向上が要求されている。

【0014】しかしながらMR素子を利用した従来の磁気抵抗形磁気ヘッドでは、前述したとおり再生時の大幅な感度向上は達成されていなかった。

【0015】そこで本発明出願人の一人(毛利)は、先に特願平5-323816号により磁気インピーダンス素子を探索し再生時の大幅な感度向上を実現した、この磁気インピーダンス素子は、ほぼ等磁歪の直径3.0 (μm)のアモルファスライク(線引後現カマニールしたライク)からなり、長さ1 (mm)程度の微小寸法のもので1 (MHz)程度の高周波電流を流通するとワイヤ両端間の電圧の振幅がMR素子の1.0.0倍以上である約10 (%) / (Oe)の高感度で変化するものである。

【0016】しかしながらこの高感度磁気インピーダンス素子は直径3.0 (μm)のアモルファスライクからなるため微細加工には適しておらず、超小型の磁気検出回路を構成することは困難であった。

【0017】そこで本発明は上記の点に鑑みてなされたものであって、高感度で微細加工可能な磁気インピーダンス素子および超小型の磁気検出回路を提供することを目的とする。

【0018】
【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するために、本発明では次の通り構成した。

【0019】すなわち、請求項1記載の発明では、非磁性体からなる基板と、基板下に形成された磁性薄膜と、磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とから構成した。

【0020】また、請求項9記載の発明では、一の磁性薄膜を有する第1の磁気インピーダンス素子と、他の磁性薄膜を有する第2の磁気インピーダンス素子と、第1及び第2の磁気インピーダンス素子に高周波電流を流通する通電手段と、第1及び第2の磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じてそれぞれ変化する第1及び第2の信号を生成する信号生成手段とから構成した。

【0021】
【作用】上記構成の請求項1記載の発明によれば、磁性薄膜は高磁気-電気変換効率とされるため、高密度再生磁気ヘッド用途に最適利用できるように作用する。

【0022】また上記構成の請求項9記載の発明によれば、磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じて変化する第1及び第2の信号に基づいて外部磁界を検出するように作用する。

【0024】図1に示す磁気インピーダンス素子1は、非磁性体である矩形状のガラス基板2と、ガラス基板2上にガラス基板2よりも一回り小さい矩形状に形成されたCoFeB材料からなるアモルファススバンパ磁性薄膜3と、アモルファススバンパ磁性薄膜3の長手方向両端に配設された外部接続用の電極4及び5とからなる。

電極4及び5には、銅、アルミニウム等の導電性材料を用いる。なお、ガラス基板2に代えて非磁性体であるセラミック基板を使用してもよい。

【0025】アモルファススバンパ磁性薄膜3は、通常の高周波二極スバンパ装置を用いて(真空度は1.0⁻⁷(torr))ガラス基板2上に厚み4 (μm)に形成されている。なお、厚み1 (μm)前後のアモルファススバンパ磁性薄膜を多層膜化して厚み4 (μm)にしてもよい、更に、塩化第二鉄を用いて、長さ10 (mm)、幅0.3 (mm)の細長い矩形形状にエッチングされている。

【0026】アモルファススバンパ磁性薄膜3は、電極4と電極5の間に通電される防磁電流と異なる方向、すなわち、防磁電流に対して直交方向または斜め方向に磁気異方性を有している。

【0027】またアモルファススバンパ磁性薄膜3は、薄膜形状とすることにより従来のMR素子よりも磁気-電気変換効率の向上が図られているが、これを更に磁気変換効率の向上を図ることでよりいっそうの磁気-電気変換効率の向上が図られている。

【0028】すなわち、アモルファススバンパ磁性薄膜3は、7.0 (Oe)の直流磁場中で、25.0 (°C)の温度により1時間アニール処理されており、アニール処理の前後で磁気-電気変換効率が大幅に向上している。

【0029】図2は磁気インピーダンス素子1の使用回路を示す回路図である。図2において、磁気インピーダンス素子1の両端の電極4と電極5には、抵抗Rと高周波信号源e_{AC}からなる直列回路が接続されている。高周波信号源e_{AC}は周波数fを可変出来るようになつており、抵抗Rを介して磁気インピーダンス素子1に一定レベルの高周波防磁電流i_{AC}が通電される。

【0030】アモルファススバンパ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1は磁気-電気変換効率が大幅に向上しているため、従来のMR素子のようにフリッジ回路等を用いて感度を補償する必要がなく最も簡単な回路構成となる。また、磁気インピーダンス素子1にはアモルファススバンパ磁性薄膜3の長手方向の外部磁界H_{ex}が印加される。なお、外部磁界H_{ex}の印加方法については後述する。

【0031】図3は磁気インピーダンス素子1の等価回路を示す回路図である。磁気インピーダンス素子1は、固定インピーダンスZ₀と可変インピーダンスΔZの直列回路で表され、アモルファススバンパ磁性薄膜3が上

記した状態の場合Z₀=9.6 (Ω)である。可変インピーダンスΔZは、電極4と電極5の間に通電される防磁電流i_{AC}の周波数fに応じて変化すると共に外部磁界H_{ex}に応じて変化する。

【0032】図4は、アニール処理されたアモルファススバンパ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1の実験結果を示す図であり、図5の回路図において、図4において、抵抗は交流防磁電流i_{AC}の周波数f (MHz)と、抵抗は電極4と電極5間の電圧、すなわちアモルファススバンパ磁性薄膜3に生ずる電圧降下E (V_{PP})を表す。図中実線Iは外部磁界H_{ex}=0の場合、破線IIは外部磁界H_{ex}=1.000 (A/μm)の場合を表す。

【0033】外部磁界H_{ex}=0の場合には、アモルファススバンパ磁性薄膜3のインピーダンスは周波数fが20 (MHz)まで一定であり電圧降下Eも一定である。そして、f=20 (MHz)以上で感度効果によると考えられる電圧降下Eの上昇(つまりインピーダンスの上昇)が現れる。そして、f=80 (MHz)以上で電圧降下Eの増加量が顕著となつている。

【0034】感度増加により電圧降下Eの上昇は更に顕著に表れ(破線II)、f=10 (MHz)から電圧降下Eは上昇する。この現象は、感度増大H_{ex}=0 (A/μm)の時はアモルファススバンパ磁性薄膜3の磁歪がほとんど移動できずインピーダンスが小さいが、感度増大H_{ex}が増大するとアモルファススバンパ磁性薄膜3の磁化ベクトルが回転し、幅方向の感度が増加してインピーダンスが上昇することによると考えられる。

【0035】なお、感度増加による電圧降下Eの上昇(つまりインピーダンスの上昇)はH_{ex}=1.000 (A/μm)の場合が最も顕著であり、これ以上の感度を印加すると電圧降下Eの上昇率は逆に低下する。印加する磁場の方向はアモルファススバンパ磁性薄膜の幅方向のどちら向きであっても、同じ様にインピーダンス(電圧降下E)は対称的に変化する。

【0036】したがって、アモルファススバンパ磁性薄膜3のインピーダンス変化率-外部磁界の傾斜を示すグラフは図5に示すようになる。図5において、傾斜は外部磁界H_{ex} (Oe) (1 (Oe)=1.0³/4π (A/m))、傾斜はインピーダンス変化率、すなわち、外部磁界H_{ex}=0.0の時のインピーダンスZ₀に対する傾斜に示された外部磁界H_{ex}を付した時のインピーダンスの変化ΔZ₂の割合ΔZ₂/Z₀ (%)を表す。なお、f=80 (MHz)と、i_{AC}=3.0 (mA_{PP})である。

【0037】また、図中破線IIIはアモルファススバンパ磁性薄膜にアニール処理を施した場合の特性を表す。アニール処理を施す前のアモルファススバンパ磁性薄膜は、外部磁界H_{ex}=8 (Oe)付近でΔZ₂/Z₀が最大約11 (%)となつており、従来のMR素子(2.5〜3

(%)) と比べて磁気-電気変換効率が約4倍に改善されている。

インピーダンス素子は微細加工が可能であり回路を小型に構成することができる。

【0065】図10は本発明の第3実施例を示す図である。図10に示す高速度再生磁気記録セル30は、高磁気-電気変換効率を有するアモルファスバッチ磁性薄膜からなる磁気インピーダンス素子31を有し、超高速読み出し可能な磁気インピーダンス素子31としては磁気インピーダンス素子31がスバッチ薄膜形成されている。磁気インピーダンス素子31の他端には常磁性体32が、磁気インピーダンス素子31の他端には常磁性体33が固着されている。常磁性体32及び常磁性体33は、磁気インピーダンス素子31と同様にいずれもスバッチ薄膜形成されている。したがって、それぞれの電圧方向性を0.1 (μm) 程度まで微細加工することが可能である。

【0067】また、磁気インピーダンス素子31及び常磁性体32及び常磁性体33は磁性性を有しており、常磁性体32及び常磁性体33の各一端には例えば銅、またはアルミニウム等の電極34及び電極35が配設されている。そして、外部回路から電極34と電極35の間に電流の電流が通電される。

【0068】常磁性体32は、磁気インピーダンス素子31側及び電極34側に図示の如く磁極を持ち、磁気インピーダンス素子31を磁気バイアスする。なお、磁極の向きは図示の向きと逆でもよい。

【0069】磁性体33は磁気配線材料に使用されるような磁性体（例えば、 CoNi 、 $\text{CoNi}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}$ 、 CoNiP など）であって、その磁気インピーダンス素子31側が、電流の正または負のノイズ電流によって電流の電流の向きに応じた極性に磁化され保持される。

【0070】上記の構成とされた高速度再生磁気記録セル30によれば、磁性体33が常磁性体32と逆向きの磁化ベクトルを持つ向きに磁化磁化されると、磁気インピーダンス素子31の境界はキャンセルされて、その両端の電圧は最小となる。一方、磁性体33が常磁性体32と同一方向の磁化ベクトルを持つ向きに磁化磁化されると、その両端の電圧は最大となる。したがって、磁気インピーダンス素子31に記録信号を記憶しておけることになる。

【0071】そこで、上記の構成とされた高速度再生磁気記録セル30を多数個並べた集積構造にすると、デコーダで電子的に再生する磁気インピーダンス素子を製造することができ、超高速読み出しが可能となる。

【0072】

【発明の効果】 上述の如く請求項1記載の発明によれ

ば、磁性薄膜は高磁気-電気変換効率とされるため、高速度再生磁気ヘッド用途に利用することが出来、従来に比べて高感度で微細加工が可能となる特長がある。

【0073】また請求項9記載の発明によれば、磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じて変化する第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出するため、従来に比べて検出感度を向上させることができる。また、磁気インピーダンス素子は微細加工が可能であり回路を小型に構成することができ特長がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例を示す図である。

【図2】 磁気インピーダンス素子1の使用回路を示す回路図である。

【図3】 磁気インピーダンス素子1の等価回路を示す回路図である。

【図4】 アモルファスバッチ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1の製造結果を示す図である。

【図5】 アモルファスバッチ磁性薄膜3のインピーダンス変化率-外部磁界の関係を示す図である。

【図6】 本発明の第1実施例の二重構造を示す図である。

【図7】 本発明の第1実施例の他の変形例を示す図である。

【図8】 本発明の第2実施例を示す図である。

【図9】 磁気インピーダンス素子M1と磁気インピーダンス素子M2の形状を示す図である。

【図10】 本発明の第3実施例を示す図である。

【図11】 MR素子の等価回路を示す回路図である。

【図12】 MR素子の動作原理図である。

【図13】 MR素子100の抵抗率 ρ の合成磁界Hに対する変化を示す図である。

【符号の説明】

1, 31, M1, M2: 磁気インピーダンス素子

2: ガラス基板

3: アモルファスバッチ磁性薄膜

4, 5, 9, 10, 34, 35: 電極

20: 磁気検出回路

21: 無安定マルチバイブレータ

22: 差動増幅回路

30: 高速度再生磁気記録セル

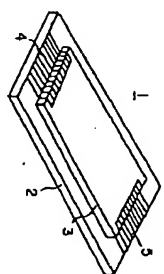
32: 常磁性体

33: 磁性体

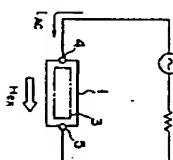
100: MR素子

Z₀, Z₁, Z₂: 固定インピーダンス

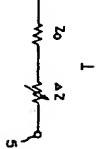
ΔZ_0 , ΔZ_1 , ΔZ_2 : 可変インピーダンス



【図1】

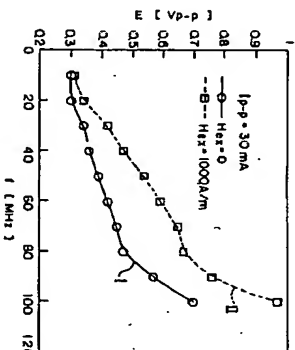


【図2】

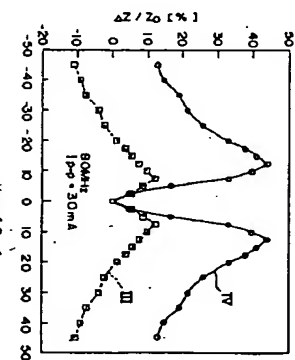


【図3】

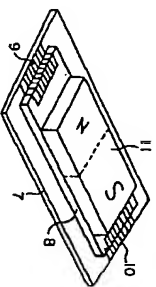
【図1.1】



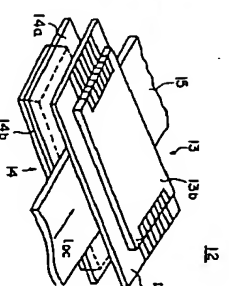
【図4】



【図5】



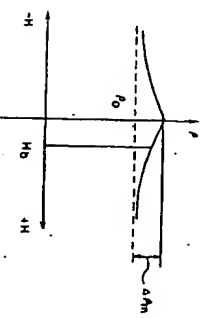
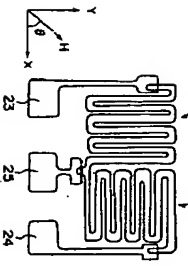
【図6】



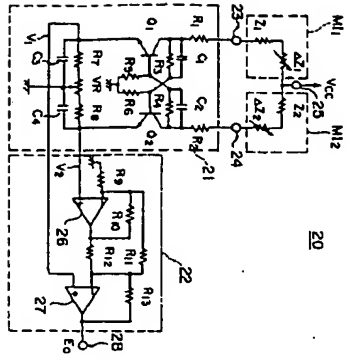
【図7】

【図9】

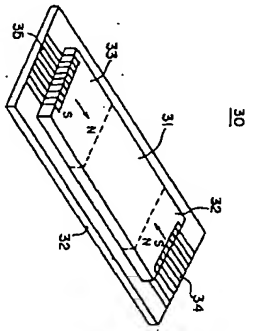
【図13】



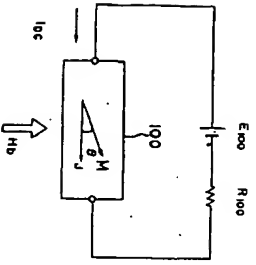
【図8】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72) 発明者 内山 剛
愛知県豊田市金谷町4-25-5
ビレッジ
番号107号

(72) 発明者 森田 秀昭
神奈川県厚木市西井601
ミツミ電機株式会社
厚木事業所内
(72) 発明者 岸寛 正彦
神奈川県厚木市西井601
ミツミ電機株式会社
厚木事業所内